

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА КОМПЛЕКСНОГО АГРОХИМИЧЕСКОГО ОКУЛЬТУРИВАНИЯ ПОЛЕЙ

Л. Б. КАРЕНГИНА,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Ю. Г. БАЙКЕНОВА,
старший преподаватель,
Уральский государственный аграрный университет
(620219, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42; e-mail: baykenova.yuliya@yandex.ru)

Ключевые слова: окультуривание почв, известкование, гипсование, бездефицитный баланс гумуса, внесение фосфора и калия впрок, фосфоритование.

Важнейшая проблема современного земледелия – воспроизводство и рациональное использование плодородия почвы. Экологической задачей агрохимии является обеспечение оптимального круговорота биогенных элементов в земледелии с активным балансом их в агроэкосистеме, улучшение агрохимических свойств почвы. Известкование, внесение органических удобрений, повышение дозы фосфора и калия в два-три раза снижает содержание радионуклидов. При оптимальном питании растений возрастает роль защитных механизмов, препятствующих поступлению токсических веществ в генеративную часть культуры. Агрономические приемы воздействия на почву приводят к изменению ее свойств, что проявляется на урожайности растений. Лучшие результаты получают при комплексном воздействии на почву, при котором формируются разные уровни плодородия. Оценка плодородия ведут по показателям, которые могут контролироваться агрохимическими анализами: содержание гумуса, сумма обменных оснований, емкость катионного обмена, обменная кислотность, степень насыщенности основаниями, подвижные формы азота, фосфора и калия. Достичь оптимальных параметров этих показателей позволяет комплексное агрохимическое окультуривание полей (КАХОП). Под химической мелиорацией почв понимается комплекс мероприятий с применением агрохимического воздействия на почву с целью превращения неплодородной или малоплодородной почвы в культурную с высоким плодородием: нейтрализация излишней кислотности (известкование), удаление избытка поглощенного натрия из обрабатываемого слоя и рассоление почв (гипсование), обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почве (внесение органических удобрений), повышение и балансирование содержания питательных веществ для растений до оптимального уровня (внесение удобрений впрок, фосфоритование), фитосанитарное обеспечение поля (применение гербицидов и пестицидов).

FOR THE TECHNIQUE OF CALCULATION OF AGROCHEMICAL SOIL RECLAMATION

L. B. KARENGINA,
candidate of agricultural sciences, associate professor,
Yu. G. BAYKENOVA,
senior lecturer,
Ural State Agrarian University
(42 K. Liebknechta Str., 620075, Ekaterinburg; e-mail: baykenova.yuliya@yandex.ru)

Keywords: soil reclamation, liming, plastering, self-supporting humus balance, applying of phosphorus and potassium for future use, phosphorite application.

The most important problem of the modern agriculture is reproduction and rational use of soil fertility. An ecological aim of agriculture is to provide a constant cycle of biogenic elements in the crop farming with their active balance in agro-ecosystem, improvement of agrochemical properties. Liming, applying organic fertilizers, increase of quantity of phosphorus and calcium in 2–3 times decrease the content of radionuclides. When a plant nutrition is optimal, role of defense mechanism increases. It prevents influence of toxic elements on a generative part of a crop. Agricultural practices of impact on soil change its properties and influence the yield. The best results are provided with integrated effect on soil, when different levels of fertility can be formed. We can estimate fertility in accordance with indexes, which are monitored with agrochemical analyses. These are humus content, total exchangeable bases, base exchange capacity, reverse acidity, active form of nitrogen, phosphorus, and potassium. These optimal parameters are achieved by means of complex agrochemical field reclamation. Chemical soil amelioration is a series of measures, when we use an agrochemical effect on soil to make it highly fertile. The following measures are used: deacidizing (liming), removal of excess absorbed sodium from processed layer and desalinization (plastering), ensuring self-supporting balance of humus in the soil (use of organic fertilizers), increasing and balancing the nutrients for the plants up to the optimal level (application of fertilizers for the future, phosphorite application), phytosanitary supply of fields (use of herbicides and pesticides).

Положительная рецензия представлена Е. П. Шаниной, доктором сельскохозяйственных наук, руководителем селекционно-технологического центра по картофелю Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Комплексное агрохимическое окультуривание полей (КАХОП) предусматривает проведение работ на малоплодородных почвах, что позволяет сконцентрировать усилия по повышению плодородия почв на определенной площади и довести ее агрохимические показатели до наиболее благоприятного уровня [1].

Превращение малоплодородной почвы в культурную достигается рядом специальных мероприятий, которые включают следующие виды химической мелиорации: нейтрализацию излишней кислотности (известкование), удаление избытка поглощенного натрия из обрабатываемого слоя и рассоление почв (гипсование), обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почве (внесение органических удобрений), повышение и балансирование содержания питательных веществ для растений до оптимального уровня (внесение удобрений впрок, фосфоритование), фитосанитарное обеспечение поля (применение пестицидов).

Известкование кислых почв. Внесение в почву нейтрализующих удобрений для понижения ее кислотности, улучшение физических свойств (водного, воздушного режимов, водопроходной структуры, влагопроницаемости) и усиление питания растений кальцием, магнием и другими элементами называется известкованием [5].

Причины появления почвенной кислотности: почвообразующая растительность, вымывание кальция и магния из пахотного слоя почвы, биологические процессы в почве, деятельность человека. Кислотность почвы действует на растения прямо, нарушая биохимические процессы в растении (синтез белков, углеводный обмен и т. д.) и косвенно изменяя подвижность и доступность элементов питания, видовой состав микрофлоры, поглощение элементов питания [7].

По степени кислотности почвы классифицируются следующим образом: сильно кислые (рН менее 4,5), кислые (рН 4,6–5,0), слабокислые (рН 5,1–5,5),

близкие к нейтральным (рН 5,6–6,0), нейтральные (рН 6,1–7,0), щелочные (рН более 7,0).

Все почвы по нуждаемости в известковании подразделяются на сильно нуждающиеся, средне, слабо и не нуждающиеся. Это можно определить, пользуясь методом М. Ф. Корнилова (табл. 1).

Если почва нуждается в известковании, устанавливается доза нейтрализующего вещества для снижения кислотности почвы.

Расчет дозы известки по гидролитической кислотности. В овощных севооборотах должна применяться только полная доза CaCO_3 :

$$D = Hг \times 1,5,$$

где D – доза CaCO_3 , т/га; $Hг$ – гидролитическая кислотность, ммоль/100 г.

Минимально допустимые дозы для кормовых севооборотов и зерновых с подсевом клевера рассчитывают по формуле:

$$D = Hг \times 1,0.$$

В остальных севооборотах дозу допустимо понизить до половины от полной:

$$D = Hг \times 0,75.$$

Более точно полную дозу известки можно рассчитать с учетом объемной массы почвы и глубины пахотного слоя. В этом случае формула для расчета дозы известки примет вид:

$$D = Hг \times d \times h \times 0,05,$$

где D – доза CaCO_3 , т/га; $Hг$ – гидролитическая кислотность, ммоль/100 г; d – объемная масса почвы, г/см³; h – глубина пахотного слоя, см.

Расчет дозы известки по рН солевой вытяжки. Для КАХОП расчет доз известки рекомендуется производить по нормам CaCO_3 , необходимым для достижения рН до оптимального уровня. Для этого используют нормативы расхода CaCO_3 для сдвига на единицу рН в зависимости от механического состава и типа (подтипа) почв. Расчет ведется по формуле:

$$D = (pH_{\text{нот.}} - pH_{\text{факт.}}) \times n \times K,$$

Таблица 1
Нуждаемость в известковании почв (по М. Ф. Корнилову)
Table 1

Requirement for soil liming (according to M. F. Kornilov)

Механический состав почвы <i>Soil texture</i>	Сильная <i>High-level</i>		Средняя <i>Medium-level</i>		Слабая <i>Low-level</i>		Не нуждается <i>Not required</i>	
	pH	V, %	pH	V, %	pH	V, %	pH	V, %
Тяжело- и средне-суглинистые <i>Heavy and medium sandy loam</i>	<5,0 <4,5 <4,0	<45 <50 <55	5,0–5,5 4,5–5,0 4,0–4,5	45–50 50–65 55–70	5,5–6,0 5,0–5,5 4,5–5,0	60–70 65–75 70–80	>6,0 >5,5 >5,0	>70 >75 >80
Легко-суглинистые <i>Light sandy loam</i>	<5,0 <4,5 <4,0	<35 <40 <45	5,0–5,5 4,5–5,0 4,0–4,5	35–55 40–60 45–55	5,5–6,0 5,0–5,5 4,5–5,0	55–64 60–70 65–75	>6,0 >5,5 >5,0	>65 >70 >75
Супесчаные и песчаные <i>Loamy and sandy</i>	<5,0 <4,5 <4,0	<30 <35 <40	5,0–5,5 4,5–5,0 4,0–4,5	30–45 35–50 40–55	5,5–6,0 5,0–5,5 4,5–5,0	45–55 50–60 55–65	>6,0 >5,5 >5,0	>55 >60 >65
Торфяные и болотные <i>Peat and bog</i>	<3,5	<35	3,5–4,2	35–55	4,2–4,8	55–65	>4,8	>65

где D – полная доза извести, т/га; $pH_{\text{опт}}$ – оптимальная кислотность почвы ($pH_{\text{сол.}}$); $pH_{\text{факт}}$ – фактическое значение pH почвы; n – норма $CaCO_3$ для сдвига реакции на 0,1 единицы (табл. 2); K – коэффициент в зависимости от механического состава почвы.

Значения K для почв Среднего Урала рекомендованы следующие: на песчаных почвах – 7, супесчаных – 8, легкосуглинистых – 10, среднесуглинистых – 11, тяжелосуглинистых – 12.

Известняковые туки содержат различные примеси (песок, глина и т. д.) и влагу, а также крупные частицы (более 1 мм), которые медленно взаимодействуют с почвой. Это учитывается при определении дозы конкретного известкового тука.

$$Dt = D / A \times (100 - W) \times (100 - P),$$

где Dt – доза известкового тука, т/га; D – расчетная доза $CaCO_3$, т/га; A – нейтрализующая способность тука по $CaCO_3$,%; W – влажность тука, %; P – количество частиц более 1 мм, %.

Если нейтрализующая способность выражена в CaO и MgO , то их содержание надо пересчитать на $CaCO_3$:

$$CaCO_3 = \% CaO \times 1,785, \%; CaCO_3 = \% MgO \times 2,482, \%.$$

Лучшее время для известкования – весна, лето и осень, наиболее пригодны для известкования поля, предназначенные для черного, занятого пара или поля ранобураемых культур. Все известковые туки заделывают под глубокую обработку (вспашку). Известкование снижает доступность растениям бора, меди, цинка, что следует особенно учитывать на полях с низкой обеспеченностью этими элементами.

Гипсование. Гипсованием называется внесение в почву гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) для химической мелиорации солонцовых почв. Солонцы имеют неблагоприятные физические свойства: аэрацию, водный режим, оструктуренность [1, 2].

Засоление почв вызывает нарушение физиологических и биологических процессов, уменьшает количество устьиц на единицу площади, вызывает токсикоз, снижает доступность воды (физиологическая сухость), нарушает проницаемость и увеличивает вязкость цитоплазмы, ингибирует поглощение азота и фосфора корнями и превращение их в растения. Культурные растения отрицательно реагируют на засоление и могут расти только при определенном содержании солей в почвенном растворе.

Выделяют следующие градации влияния pH в засоленных почвах на сельскохозяйственные культуры: умеренный (pH до 7,5) – большинство растений хорошо произрастают; удовлетворительный (pH до 7,5–8,0) – почвы пригодны для выращивания плодовых, овощных, злаковых и бобовых культур; сомнительный при pH более 8,0 и определенно вредный при pH более 8,7.

Цель гипсования – снизить содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе до допустимых пределов путем замещения его на кальций. Допустимое количество натрия, которое не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы, составляет 10 % емкости обменного поглощения. Но в степных солонцах хлоридно-сульфатного и содового засоления насыщенность натрием должна быть не выше 5 %.

Таблица 2

Нормативы расхода извести ($CaCO_3$) для сдвига реакции почвенной среды на 0,1 pH различных почв (по Н. А. Иванову)

Table 2

Rate norms of lime ($CaCO_3$) for reaction shift in soil medium in 0,1 pH of different soils (according to N. A. Ivanov)

Почвы Soils	pH _{опт} pH _{optimal}	Нормативы расхода $CaCO_3$ (т/га) при pH Rate norms $CaCO_3$ (tones per hectares) at pH		
		До 4,5 Up to 4,5	4,6–5,0	5,1 – pH _{опт} 5,1 – pH _{optimal}
Подзолистые <i>Podzolic</i>	5,6	0,75	0,88	1,15
Дерново-подзолистые <i>Soddy-podzolic</i>	5,8	0,80	0,95	1,25
Светло-серые <i>Light-gray</i>	5,9	0,83	0,99	1,32
Серые <i>Gray</i>	5,9	0,85	1,00	1,35
Темно-серые, черноземы оподзоленные, черноземы выщелоченные <i>Dark gray, podzolized chernozem, leached chernozem</i>	6,0	0,87	1,12	1,37
Лугово-черноземные, луговые, пойменные <i>Meadow chernozemic, meadow, floodplain</i>	5,5–5,8	0,80–0,81	0,97	1,28
Торфяно-болотные <i>Peat-boggy</i>	5,5	1,05	1,16	1,56
Бурые лесные <i>Brown forest</i>	5,6	0,90	1,15	1,40

Среднегодовая потребность среднесуглинистой почвы в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса (в тоннах сухого вещества на 1 га)

Таблица 3

Table 3

Average annual requirement of medium sandy loam in organic fertilizers for keeping humus balance on the same level (tones of dry basis per 1 hectares)

Емкость катионного обмена, ммоль/100 г <i>Base exchange capacity, mmoles per 100 g</i>	Насыщенность севооборота пропашными культурами и чистыми парами <i>Rotation saturation with cultivated crops and summer fallows</i>	
	не более 20 % <i>not more than 20 %</i>	более 20 % <i>more than 20 %</i>
Менее 15	2,25	4,00
15–20	2,00	3,25
21–25	1,75	2,75
26–30	1,50	2,25
31–35	1,25	1,75
36–40	1,00	1,50
41–45	0,75	1,25
Более 45	0,50	1,00

Примечание: каждое поле многолетних трав или поле однолетних трав с двумя–тремя урожаями в год снижает общую потребность на 0,25 т сухого вещества на 1 га.

Note: each field of perennial grasses or a field of annual grasses with two or three harvests per year reduces the total demand by 0.25 t of dry matter per 1 ha.

Расчет доз гипса для химической мелиорации солонцовых почв проводится с учетом степени солонцеватости. При гипсовании малонатриевых солонцов (меньше 20 % натрия от емкости поглощения) доза определяется по формуле:

$$D = 0,086 \times h \times d \times Na,$$

где D – доза гипса для полного вытеснения обменного натрия, т/га; h – мощность гипсуемого слоя, см; d – объемная масса гипсуемого слоя, г/см³; Na – содержание обменного натрия в почве, ммоль/100 г.

При гипсовании средне- и многонатриевых солонцов (более 20 % натрия от емкости катионного обмена) расчет ведется с учетом допустимого сохранения в поглощающем комплексе солонцов до 10 % обменного натрия:

$$D = 0,086 \times h \times d \times (Na - 0,1 \times T),$$

где T – емкость поглощения почвы, ммоль/100 г.

При отсутствии данных по объемной массе почвы проводится ориентировочный расчет путем замены во всех формулах выражения «0,086 × h × d» на коэффициент 2,58.

Для улучшения солонцеватых почв используют различные приемы: гипсование, самогипсование, землевание, биологическое гипсование, кислование.

Обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почве (внесение органических удобрений). Органическая часть почвы представляет сложный комплекс органических веществ, которые подразделяются на две группы: а) негумифицированные органические вещества растительного или животного происхождения; б) органические вещества специфической природы – гумусовые.

Органическое вещество – важнейший источник элементов питания для растений, в нем содержится почти весь азот, значительная часть фосфора и серы,

а также другие элементы питания. Под действием гуминовых и фульвокислот, органических и угольной кислот, образующихся при разложении органического вещества, происходит постепенное разрушение силикатных, алюмосиликатных минералов, растворение соединений кальция и магния и других элементов, которые переходят в доступную для растений форму. Органические вещества служат источником питания и энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов. Они участвуют в адсорбционных процессах, оказывают положительное влияние на структуру почвы, ее тепловой режим, водо- и воздухопроницаемость [3, 6].

Таким образом, внесение органических удобрений позволяет сохранить и умножить плодородие почвы.

Определить потребность в сухом органическом веществе для бездефицитного баланса гумуса можно, пользуясь данными табл. 3.

Более точно определить потребность пахотных почв Среднего Урала в органических удобрениях можно по величине емкости катионного обмена. Установлено, что эта величина находится в прямой корреляционной зависимости с содержанием гумуса, влагоемкостью, буферной способностью и другими показателями, а также в обратной зависимости с потребностью поля в возврате сухого органического вещества для покрытия разрушаемого гумуса.

Расчет ведется по формуле:

$$A = R - 0,001 \times T^2 + 0,029 \times a - 0,026 \times v,$$

где A – среднегодовая потребность поля в сухом органическом веществе для обеспечения бездефицитного баланса гумуса, т/га; T – емкость катионного обмена, ммоль/100 г; a – доля пропашных культур в структуре севооборота, %; v – доля многолетних

трав в структуре севооборота, %; R – величина, зависящая от механического состава почвы: для глинистых почв – 3,03, тяжелосуглинистых – 2,75, средне-суглинистых – 2,36, легкосуглинистых – 2,12, супесчаных – 1,95, песчаных – 1,57.

Необходимое количество навоза или другого органического удобрения для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в севообороте определяют по формуле:

$$D_n = A \times t \times 100 / 100 - W,$$

где D_n – доза органического удобрения, т/га; A – среднегодовая потребность почвы в сухом органическом веществе, т/га; t – срок ротации севооборота, лет; W – влажность органического удобрения, %.

При внесении органических удобрений следует помнить, что вносить небольшие дозы органических удобрений организационно и экономически нецелесообразно, поэтому допустимо небольшие дозы под отдельные культуры сосредоточить в одном поле под ведущие в хозяйстве культуры.

Органические удобрения вносят в пар, а при его отсутствии – под высокоурожайные технические, кормовые и овощные культуры. Зерновые культуры хорошо отзываются на внесение органических

удобрений, а также эффективно используют их последствие.

Повышение и балансирование содержания питательных веществ для растений до оптимального уровня. В зависимости от содержания подвижных форм азота, фосфора и калия почвы подразделяются на группы или классы, по которым можно судить об обеспеченности растений элементами питания и о возможности повышения урожайности [8, 10]. Содержание доступных растениям питательных веществ устанавливается принятыми в данной зоне методами. В Нечерноземной зоне содержание легкогидролизуемого азота определяют по методу Тюрина – Кононовой, щелочерастворимого азота – по Корнфилду, фосфора и калия – по методу Кирсанова (вытяжка 0,2 н HCl).

Оптимальное содержание азота в зависимости от типов и подтипов почв составляет 150–200, фосфора $P_2O_5(P)$ – 120–200 (52–87), калия $K_2O(K)$ – 150–180 (125–150) мг/кг (табл. 4).

Разница между оптимальным и фактическим содержанием элемента должна компенсироваться внесением удобрений. При этом азотный дефицит устраняется главным образом внесением органиче-

Таблица 4
Оптимальные (числитель) и минимальные (знаменатель) значения морфолого-агрохимических показателей почв Среднего Урала

Table 4
Optimal (numerator) and minimal (denominator) value of morphological agrochemical indexes of the Middle Ural soils

Почвы Soils	Глубина пахотного слоя, см Depth of top soil, cm	рН сол.	Гумус, % Humus, %	S, ммоль 100 г S, mmoles 100 g	V, %	Mг/кг Mg/kg		
						N	P	K
Подзолистая Podzolic	20	5,6	2,5	10	80	150	52	125
	15	3,8	1,5	3	50	40	9	17
Дерново-подзолистая Soddy-podzolic	24	5,8	3,0	14	80	160	61	125
	16	3,8	1,8	4	45	40	9	17
Светло-серая лесная Light-gray forest	24	5,9	3,5	16	80	160	61	125
	16	3,8	2,0	4	40	40	9	17
Серая лесная Gray forest	25	5,9	4,5	20	80	180	61	133
	18	4,0	3,0	6	50	60	9	17
Темно-серая лесная Dark-gray forest	27	6,0	5,5	28	80	200	70	150
	20	4,5	4,0	7	50	80	13	25
Чернозем оподзоленный Podzolized chernozem	28	6,0	7,0	35	80	200	78	150
	21	4,5	4,5	11	50	80	13	25
Чернозем выщелоченный Leached chernozem	30	6,0	7,0	35	80	200	87	150
	22	4,5	4,5	11	50	80	13	25
Лугово-черноземная Meadow-chernozemic	27	5,8	9,0	35	80	200	87	150
	20	4,8	4,0	12	50	80	13	25
Луговая Meadow	27	5,5	6,0	30	80	200	87	150
	20	4,8	3,0	10	50	80	13	25
Пойменная Floodplain	20	5,6	5,0	20	80	180	70	150
	20	4,0	1,8	6	50	60	9	17
Торфяно-болотная Peat-boggy	27	5,5	–	40	60	180	78	150
	20	4,5	–	12	40	80	9	17
Бурая лесная Brown forest	24	5,6	3,6	20	80	160	70	150
	16	3,8	1,8	5	40	60	9	17

ских удобрений, так как основной ассортимент их водорастворим и не обладает последствием. Азотные удобрения применяют ежегодно исходя из потребностей возделываемой культуры. Фосфорные и калийные удобрения хорошо закрепляются почвой, не выщелачиваются и могут быть внесены периодически в больших количествах впрок [4, 9, 11].

Расчет удобрений, вносимых впрок для доведения содержания фосфора и калия в почве до оптимального уровня, ведут с учетом нормативов расхода удобрений, необходимых для увеличения содержания питательных веществ на 1 мг/кг почвы по формуле:

$$D = (C_{\text{опт.}} - C_{\text{факт.}}) \times f,$$

где D – доза удобрения для обеспечения оптимального содержания питательных веществ в почве, кг на 1 га; $C_{\text{опт.}}$ – оптимальное содержание питательного элемента в почве данного типа, мг/кг; $C_{\text{факт.}}$ – фактическое содержание элемента в почве, мг/кг; f – количество элемента, необходимое для увеличения его содержания в почве на 1 мг, кг/га.

Значение f для почв зоны Среднего Урала, кг/га: для глинистых – 12,0, тяжелосуглинистых – 10,5, среднесуглинистых – 9,0, легкосуглинистых – 7,5, супесчаных – 5,0, песчаных – 4,0, торфянистых – 11,0.

На почвах низкого плодородия необходимые для пополнения запасов дозы вносят дробно в 2–3 приема с интервалом 1–2 года. В этом случае первоначально элемент, находящийся в минимуме, доводят до уровня преобладающего, и его фактическое содержание принимают в расчете за $C_{\text{опт.}}$, а затем оба элемента увеличивают до уровня оптимального.

Прогноз действия фосфоритной муки. Для внесения впрок обычно используют наиболее дешевые удобрения, в качестве фосфорных целесообразно применять фосфоритную муку. Прием внесения фосфоритной муки в дозах, предназначенных для питания растений в течение ротации звена или всего севооборота, называют фосфоритованием.

Эффективность применения фосфоритной муки зависит от многих факторов: возраста (геологического) фосфоритов, тонины помола, возделываемых культур (горчица, гречиха, донник, эспарцет удовлетворительно усваивают фосфор из фосфоритной муки), кислотности почвы (потенциальной), сопутствующих удобрений (физиологически кислых). Б. А. Голубев доказал, что почва начинает разлагать фосфорит при потенциальной кислотности не менее 2,5 ммоль/100 г почвы. Если гидролитическая кислотность более 2,5 ммоль/100 г, почву можно фос-

форитовать, но фосфоритная мука будет проявлять эффективность пропорционально коэффициенту Голубева (K_g). При коэффициенте Голубева менее единицы фосфоритная мука будет действовать слабее суперфосфата, при равном единице или более единицы – не уступает суперфосфату, если при этом рН будет менее 4,7, то действие фосфоритной муки может быть сильнее суперфосфата.

Коэффициент Голубева рассчитывают по формуле:

$$K_g = H_g / 3 + (H_g + S) \times 0,1,$$

где K_g – коэффициент Голубева; H_g – гидролитическая кислотность, ммоль/100 г; S – сумма обменных оснований, ммоль/100 г. Выражение $(H_g + S)$ можно заменить на T (ЕКО), ммоль/100 г.

Доза фосфоритной муки рассчитывается с учетом обеспеченности почвы фосфором и коэффициента Голубева:

$$D = (C_{\text{опт.}} - C_{\text{факт.}}) \times f / 10 \times Y \times K_g,$$

где $D_{\text{р}}$ – доза фосфоритной муки, т/га; $C_{\text{опт.}}$ – оптимальное содержание фосфора в почве, мг/кг; $C_{\text{факт.}}$ – фактическое (исходное) содержание фосфора в почве, мг/кг; f – количество элемента, необходимое для увеличения фосфора в почве на 1 мг в зависимости от механического состава почвы, кг/га; Y – содержание элемента в фосфоритной муке, %; K_g – коэффициент Голубева.

Для пересчета содержания P_2O_5 в фосфоритной муке на элемент эту величину умножают на коэффициент 0,436: $P = P_2O_5 \times 0,436$.

Известкование и фосфоритование следует разделить по времени: сначала внести фосфоритную муку, а затем известковать или пространственно заделывать фосфоритную муку и известь в разные слои почвы.

Фосфоритование проводится, как правило, один раз за ротацию севооборота, поэтому внесение водорастворимых форм фосфора под каждую культуру по ее потребности в нем обязательно. Фосфоритную муку вносят в пары (чистые или занятые), под многолетние травы (при залужении), под пропашные культуры в составе смешанных удобрений, что уменьшает ее способность сильно пылить.

Планировать мероприятия по оптимизации фитосанитарного состояния поля (борьба с вредителями, болезнями и сорной растительностью) необходимо с учетом экономического порога вредоносности данных объектов, чтобы избежать загрязнения почвы ядохимикатами, которые негативно влияют не только на растения, но и на почвенную биоту.

Литература

1. Муравин Э. А., Ромодина Л. В., Литвинский В. А. Агрехимия : учебник. М. : Academia, 2014. 304 с.
2. Волынкин В. И., Копылов А. Н., Волынкина О. В., Кириллова Е. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур и агрохимические свойства обыкновенного солонцеватого чернозема в условиях Зауралья // Агрехимия. 2016. № 2. С. 10–19.

3. Галеева Л. П. Гумусное состояние и биологическая продуктивность черноземов выщелоченных в агроценозах // Вестник НГАУ. 2012. № 1. С. 10–16.
4. Дмитриев Н. Н., Гамзуков Г. П. Систематическое применение удобрений как фактор стабилизации плодородия серых лесных почв и продуктивности зерновых культур в зернопаровом севообороте // Агрохимия. 2015. № 2. С. 3–12.
5. Митрофанова Е. М. Влияние известкования и минеральных удобрений на кислотность дерново-подзолистой почвы Предуралья // Агрохимия. 2015. № 7. С. 3–10.
6. Новоселов С. И., Горохов С. А., Иванов М. Н., Новоселова Е. С. Действие и последствие органических удобрений в севообороте // Агрохимия. 2013. № 8. С. 30–37.
7. Онищенко Л. М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Краснодар, 2016. 41 с.
8. Онищенко Л. М. Биологический круговорот азота, фосфора и калия в черноземе выщелоченном при выращивании сои // Энтузиасты аграрной науки. 2015. Вып. 16. С. 94–99.
9. Павлов К. В., Новиков М. М. Влияние локального внесения калийных удобрений в чернозем на урожайность ячменя // Агрохимия. 2013. № 4. С. 48–54.
10. Шильников И. А., Аканова Н. А., Сычев В. Г., Бондырева Т. Н. и др. Потери элементов питания растений в агробиогeoхимическом круговороте веществ и способы их минерализации. М. : Изд-во ВНИИА, 2012. 35 с.
11. Якименко В. Н. Действие и последствие калийных удобрений в полевом опыте на серой лесной почве // Агрохимия. 2015. № 4. С. 3–12.

References

1. Muravin E. A., Rodomina L. V., Litvinskiy V. A. Agrochemistry : textbook. M. : Academia, 2014. 304 p.
2. Volynkin V. I., Kopylov A. N., Volynkina O. V., Kirillova E. V. Influence of fertilizers on crop yields and agrochemical properties of typic solonchic chernozem in Trans-Urals // Agrochemistry. 2016. № 2. P. 10–19.
3. Galeeva L. P. Humus content and biological productivity of the leached chernozems in agrocoenoses // Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University. 2012. № 1. P. 10–16.
4. Dmitriev N. N., Gamzakov G. P. Extensive use of fertilizers as the stabilization factor of gray forest soils fertility and productivity of crops in fallow rotation. 2015. № 2. P. 3–12.
5. Mitrofanov E. M. Effect of liming and fertilizers on acidity of sod-podzolic soil in the Cis-Urals region // Agrochemistry 2015. № 7. P. 3–10.
6. Novoselov S. I., Gorokhov S. A., Ivanov M. N., Novoselova E. S. Action and afteraction of organic fertilizers in crop rotation // Agrochemistry. 2013. № 8. P. 30–37.
7. Onishchenko L. M. Agrochemical bases of reproduction of leached chernozem fertility in Western Ciscaucasia and increasing productivity of agricultural crops : abstract of dis. ... dr. of agricult. sciences. Krasnodar, 2016. 41 p.
8. Onishchenko L. M. Biological rotation of nitrogen, phosphorus and potassium in chernozem leached when growing soybeans // Agrarian science enthusiasts. 2015. Vol. 16. P. 94–99.
9. Pavlov K. V., Novikov M. M. Effect of local application of potash fertilizers in chernozem on the yield of barley // Agrochemistry. 2013. № 4. P. 48–54.
10. Shilnikov I. A., Akanov N. A., Sychev V. G., Bondyрева T. N. etc. Loss of plant nutrition elements in agro-, bio-, geo-, chemical cycle of matter and methods of their mineralization. M. : Publishing house of All-Russian Research Institute of Automatics, 2012. 35 p.
11. Yakimenko V. N. Action and afteraction of potash fertilizers in a field experiment on the gray forest soils // Agrochemistry. 2015. № 4. P. 3–12.